



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 08 754 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 195 08 754.2
㉔ Anmeldetag: 10. 3. 95
㉕ Offenlegungstag: 12. 9. 98

㉙ Int. Cl.⁸:
G 02 B 27/48
G 02 B 27/28
G 02 F 1/01
G 02 B 5/30
G 02 B 26/00
H 04 N 5/74
H 01 S 3/02
// B 41 J 2/435

DE 195 08 754 A 1

㉙ Anmelder:
LDT GmbH & Co. Laser-Display-Technologie KG,
07552 Gera, DE

㉚ Vertreter:
Dr. Werner Geyer, Klaus Fehners & Partner, 80687
München

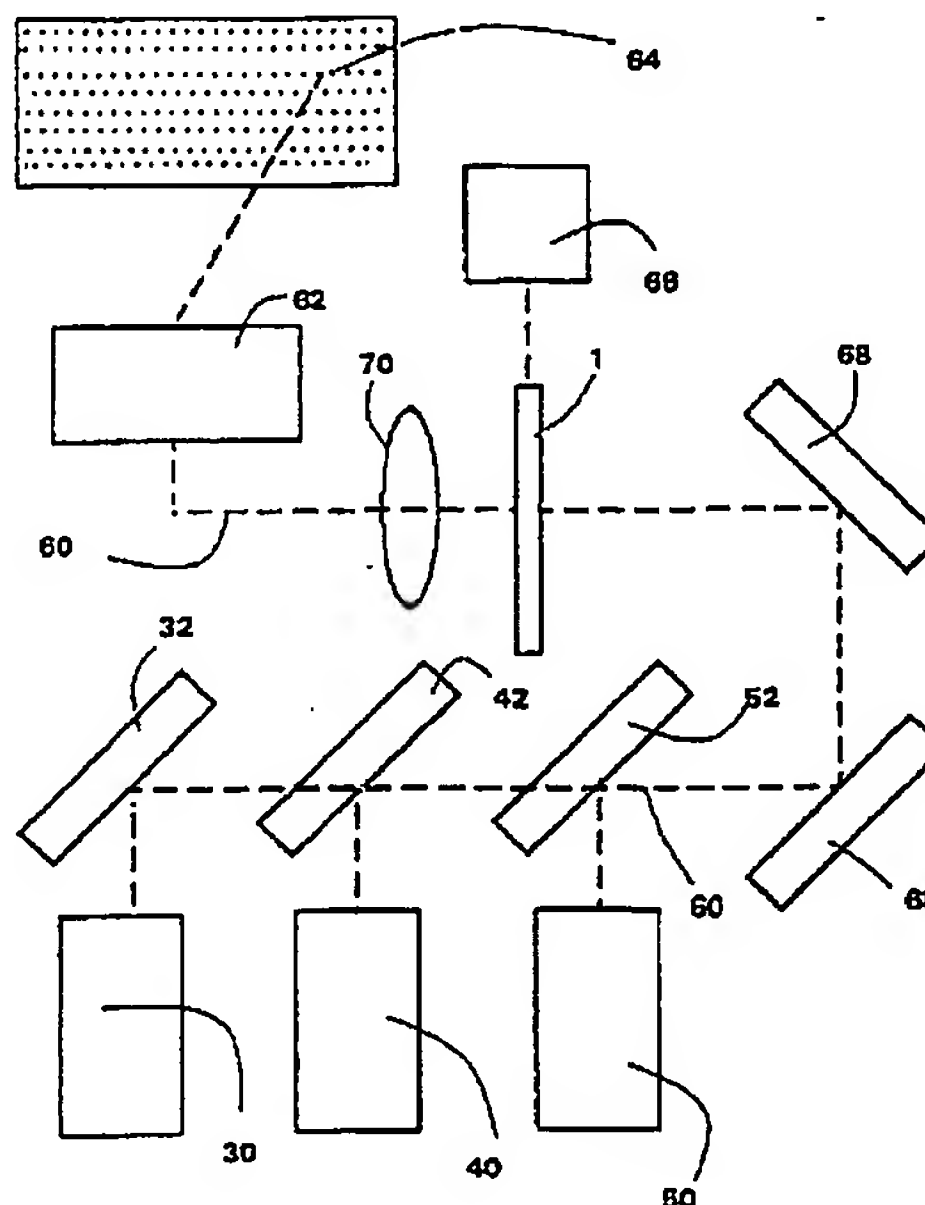
㉛ Erfinder:
Kränert, Jürgen, 07743 Jena, DE; Wunderlich, Jörg,
07552 Gera, DE

㉜ Entgegenhaltungen:
Optik, Bd. 70 (1985), S. 52-57;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉝ Verfahren und Vorrichtung zum Vermeiden von Interferenzen eines kohärenten Lichtbündels

㉞ Bei einem Verfahren zum Vermindern von Interferenzen eines kohärenten Lichtbündels (20; 60) ist vorgesehen, daß das Lichtbündel (20; 60) senkrecht zur Ausbreitungsrichtung örtlich unterschiedlich polarisiert wird. Bei einer Vorrichtung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, zur Beleuchtung einer Fläche (64) mit einem kohärenten Lichtbündel (20; 60) mittels einer Einrichtung zum Verändern der Interferenzfähigkeit des Lichtbündels (20; 60), weist die Einrichtung eine im Strahlengang des Lichtbündels befindliche Polarisationsvorrichtung (1; 87, 88, 89) auf, durch die unterschiedliche Teillichtbündel des einseitigen Lichtbündels (20; 60) unterschiedlich polarisierbar sind.



DE 195 08 754 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 07.98 602 037/615

16/30

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Vermindern von Interferenzen eines kohärenten Lichtbündels. Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens, zur Beleuchtung einer Fläche mit einem kohärenten Lichtbündel mittels einer Einrichtung zum Verändern der Interferenzfähigkeit des Lichtbündels.

Für Lichtzeiger bei Vorträgen mit Lichtbildern oder zur Beleuchtung eines Objekts in einem Mikroskop werden häufig Lichtbündel verwendet. Außerdem ist die technische Anwendung von gerasterten Lichtbündeln zur Darstellung eines Videobildes oder zur Erstellung eines Ausdrucks bei einem Laserdrucker über eine größere Fläche bekannt. Wegen der guten Parallelität und der damit möglichen guten Abbildungseigenschaften einzelner Bildpunkte werden dabei oft Laser-Lichtbündel eingesetzt.

Insbesondere Laserlicht zeichnet sich durch hohe zeitliche und räumliche Kohärenz aus. Deshalb sind bei Beleuchtung einer Fläche Interferenzen von beispielsweise an der beleuchteten Fläche gestreuten Teilstrahlen eines Laserlichtbündels beobachtbar. Aufgrund der Interferenzen entstehen räumlich unterschiedliche Helligkeiten, die zudem bei unterschiedlichen Beobachtungsrichtungen wegen unterschiedlicher Phasenbeziehungen bei der Interferenz variieren. Diese Variation wird als Glitzern wahrgenommen und ist beispielsweise bei der Darstellung von Videobildern unerwünscht.

Derartige glitzernde Helligkeitsmaxima werden in der Literatur als "Speckle" bezeichnet. Sie können insbesondere auf zweierlei Weise beobachtet werden:

- Das an einer streuenden Oberfläche abgelenkte Licht wird bei einem Meßverfahren mittels einer Meßsonde aufgezeichnet. Das Meßergebnis vermittelt die sogenannten objektiven Speckle. Diese treten beispielsweise bei einem Laserdrucker auf, bei dem eine unterschiedliche Helligkeitsverteilung innerhalb eines Bildpunktes in einer photosensitiven Schicht aufgezeichnet wird.
- Das gestreute Laserlicht wird durch ein abbildendes System auf eine Bildfläche, beispielsweise die Netzhaut des menschlichen Auges eines Betrachters, abgebildet. Auf dieser Bildfläche erscheint das störende statistische Interferenzmuster mit in der Helligkeit verstärkten Bildelementen und dunkleren Bildelementen, bei denen sich das Licht mehr oder weniger auslöscht.

Aus der Literatur sind verschiedene Verfahren zur Reduzierung der Anzahl oder Helligkeit dieser störenden Speckle bekannt. Die Verfahren lassen sich grundsätzlich in die drei folgenden Kategorien einteilen:

- Verringern der zeitlichen Kohärenz,
- Verringern der räumlichen Kohärenz,
- schnelle Bewegung der Speckle, dadurch keine störende Speckelerscheinung.

Die zeitlichen Kohärenz soll gemäß B. Dingel und S. Kawata, "Speckle-free image in a laser-diode microscope using the optical feedback effect", Optics Letters, April 1, (1993), Vol. 18, No. 7, Seiten 549—551, durch eine Modulation der Laserpumpleistung aufgehoben werden. Bei Gaslasern und bei diodengepumpten Festkörperlasern ist eine solche Methode nicht realisierbar.

Die räumlichen Kohärenz wird beispielsweise gemäß S. Jutamulia und T. Asakura, "Reduction of coherent noise using various artificial incoherent sources", Optik 70, (1985), Seiten 52 bis 57, durch eine mit einem Vibrator bewegte Multimodefaser zur Lichtübertragung verringert. Aufgrund der Bewegung des Lichtleiters entstehen Phasenverschiebungen der im Lichtleiter geführten Lichtstrahlen durch Veränderung ihres Weges, so daß zeitlich unterschiedliche Modenmuster abgebildet werden, die sich bei Mittelung über ein bestimmtes Zeitintervall kompensieren sollen. Dieses bekannte Verfahren zur Verringerung der Speckle über die Bewegung des Lichtleiters ist aber lediglich geeignet, die unterschiedlichen Moden, die sich beim Durchgang des Laserlichts durch eine Multimodefaser einstellen, zeitlich zu variieren, so daß sich bei der Abbildung auf einer photoempfindlichen Schicht annähernd gleiche Helligkeiten ergeben, indem die verschiedenen Interferenzmuster der einzelnen Moden "verwischt" werden. Das aus der Lichtleitfaser austretende Licht ist aber immer noch teilkohärent, so daß sich nach Abbildung auf einem Schirm durch die Abbildung des Auges immer noch subjektive Speckle ergeben können.

Eine ebenfalls bekannte schnelle Bewegung der Speckle, beispielsweise so schnell, daß das Auge aufgrund seiner Trägheit die Speckle nicht mehr erfassen kann, läßt sich durch eine Bewegung der streuenden Oberfläche, beispielsweise des Bildschirms bei einem Videosystem, erreichen. Dadurch entsteht zwischen den Streuzentren und dem menschlichen Auge eine Relativbewegung. Die Speckleverteilung variiert dann auf der Netzhaut des Auges und wird verwischt. Dies ist in einem Videosystem, insbesondere bei großen Bildschirmen, allerdings nur mit großem Aufwand durchführbar. Außerdem ist dieses Verfahren für die Beleuchtung in einem Mikroskop nicht anwendbar, da das Objekt bei der Beobachtung ruhen soll.

Man könnte allerdings in Umkehrung des Prinzips der bewegten Oberfläche den Laserstrahl mit kleiner Auslenkung relativ zur Bildwand bewegen. Überraschenderweise werden die Speckle dadurch nicht beeinflusst. Das läßt sich allerdings verstehen, wenn man berücksichtigt, daß der Laser eine ebene Wellenfront besitzt und durch das Auftreffen der quer bewegten Wellenfront keine Änderungen in der räumlichen bzw. zeitlichen Kohärenz relativ zur Bildfläche eintreten kann. Andererseits kommt das gestreute Laserlicht, das ja erst das Bild im Auge erzeugt, von einem relativ zum Auge unbewegten Streuzentrum. Dadurch kann es nicht zu einer Relativbewegung und damit zu keiner Verringerung der Speckle auf der Netzhaut kommen.

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Anzahl oder der Helligkeit der Speckle besteht im Einbringen einer sich drehenden Streuscheibe in den Strahlengang. Da durch die Streuscheibe die gute Parallelität des Lichtbündels aufgehoben wird und gestreutes Laserlicht sich praktisch nicht wieder kollimieren läßt, ist dieses Verfahren mit einer sehr hohen Verlustleistung verbunden.

Hieraus ergibt sich, daß alle bisherigen Lösungen zur Problematik der Speckle unbefriedigend und insbesondere bei der Erzeugung von Videobildern unter Verwendung großer Bildschirme nicht einsetzbar sind. Insbesondere ist auch keine befriedigende Lösung für die Verminderung subjektiver Speckle, die erst auf der Netzhaut des Auges des Betrachters eines Videobildes entstehen, bekannt.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe

zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu finden, die eine Reduzierung des Kontrastes subjektiver Speckle in einem Bild ohne wesentliche Verluste in der Laserleistung erlauben. Insbesondere soll das Verfahren auch bei einem Videosystem anwendbar und in einem ein Lichtbündel rasternden Videosystem ohne wesentliche Lichtverluste einsetzbar sein.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß das Lichtbündel senkrecht zur Ausbreitungsrichtung örtlich unterschiedlich polarisiert wird.

Dabei macht man sich zunutze, daß unterschiedliche Polarisationszustände des Lichts nicht mehr vollständig miteinander interferieren können. Weisen zwei Lichtbündel sogar zwei zueinander orthogonalen Polarisationsrichtungen auf, verschwindet eine Interferenz vollständig. Orthogonale Polarisationsrichtungen sind bei linear polarisiertem Licht beispielsweise durch zwei senkrecht aufeinander stehende Schwingungsebenen verwirklicht. Bei zirkular polarisiertem Licht sind rechtsdrehende und linksdrehende Polarisationszustände zueinander orthogonal. Für einen im allgemeinen elliptisch polarisierten Polarisationszustand kann man den dazu orthogonalen Zustand immer dadurch finden, daß man die Schwingungskomponenten in lineare Polarisationszustände aufspaltet und den dazu orthogonalen Zustand durch Anwendung einer Drehung des Polarisationszustandes um 90° gewinnt.

Durch örtlich unterschiedliche Änderung des Polarisationszustandes wird die Interferenzfähigkeit vermindert. Dadurch werden die Speckle durch Verringern der Interferenzfähigkeit des Lichtbündels mindestens teilweise unterdrückt.

Eine Bewegung der Polarisationsvorrichtung wie bei dem erwähnten Beispiel mit der Lichtleitfaser oder der sich drehenden Streuscheibe ist nicht mehr notwendig. Da man deshalb allgemein auf Bewegungsmechanismen verzichten kann, ist die erfindungsgemäße Lösung bezüglich der Wartung von entsprechenden Vorrichtungen außerordentlich vorteilhaft, da sie keine mechanisch verschleißenden Teile benötigt.

Gegenüber Streuscheiben ergibt sich auch der Vorteil, daß die gesamte Lichtintensität von dieser Polarisationsvorrichtung durchgelassen wird. Es treten also keine Verluste auf. Solche Verluste können beispielsweise die Streuscheibe erwärmen und aufgrund thermischer Spannungen zerstören. Derartige nachteiligen Effekte sind ebenfalls bei der erfindungsgemäßen Lösung ausgeschlossen.

Erfindungsgemäß lassen sich sogar subjektive Speckle verringern, da erfindungsgemäß aufgrund der Zerstörung der Interferenzfähigkeit auch Interferenzen auf der Netzhaut verringert oder sogar vollständig vermieden werden.

Wie vorstehend schon erläutert, kann die Interferenzfähigkeit zweier nebeneinander von der Polarisationsvorrichtung ausgehender Teillichtbündel sogar vollständig aufgehoben werden. Dafür sieht eine bevorzugte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens vor, daß die Polarisation des Lichtbündels diskontinuierlich in senkrecht zur Ausbreitungsrichtung örtlich nebeneinanderliegenden Bereichen so polarisiert wird, daß die von jeweils zwei nebeneinanderliegende Bereiche ausgehenden Teillichtbündel zueinander orthogonal polarisiert sind.

Wenn also mehrere Bereiche zur Änderung des Polarisationszustandes der von diesen ausgehenden Teillichtbündeln verwendet werden, erhält man eine Viel-

zahl von Teillichtbündeln, die bei unterschiedlichem Polarisationszustand nicht mehr miteinander interferenzfähig sind. Die Interferenzfähigkeit wird praktisch vollständig aufgehoben, so daß Speckle theoretisch vollständig vermieden werden können. In der Praxis gibt es allerdings auch Übergangszonen an den nebeneinanderliegenden Bereichen zum Beaufschlagen mit unterschiedlichen Polarisationszuständen. Der Einfluß solcher Übergangszonen kann jedoch durch später noch näher beschriebene Maßnahmen stark verringert werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung geht von der Vorrichtung der eingangs genannten Art aus und ist dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Verändern der Interferenzfähigkeit des Lichtbündels eine im Strahlengang des Lichtbündels befindliche Polarisationsvorrichtung aufweist, durch die unterschiedliche Teillichtbündel des eingangsseitigen Lichtbündels unterschiedlich polarisierbar sind.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist also nur eine speziell ausgestaltete Polarisationsvorrichtung notwendig. Bewegungsmechanismen, wie sie bei dem Stand der Technik häufig notwendig sind, entfallen im Prinzip bei der Erfindung. Dadurch wird ein mechanischer Verschleiß unterbunden und ein häufiges Auswechseln von Ersatzteilen ist vermeidbar.

Bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung können also Speckle zuverlässig unterdrückt werden, ohne daß irgendeine Wartung bei längerem Gebrauch notwendig wird.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Polarisationsvorrichtung in besonderer Weise ausgestaltet, indem sie senkrecht zur Richtung des Lichtbündels sich erstreckende Bereiche aufweist, in denen Teillichtbündel unterschiedlich polarisierbar sind, wobei mindestens zwei der Bereiche zueinander orthogonale Polarisationszustände erzeugen.

Der Vorteil zur Verminderung der Speckle aufgrund orthogonaler Polarisationszustände wurde schon beim Verfahren ausgeführt. Gemäß der Weiterbildung kann eine Polarisationsvorrichtung in einfacher Weise durch Vorsehen verschiedener Bereiche strukturiert werden.

Gemäß einer anderen vorzugsweisen Weiterbildung der Erfindung ist die Polarisationsvorrichtung so ausgebildet, daß die von ihr ausgehenden Teillichtbündel eines Polarisationszustandes die gleiche Gesamtintensität wie die Teillichtbündel eines zu diesem orthogonalen Polarisationszustandes aufweisen.

Dann entsteht eine gleichmäßige Mischung der Polarisationszustände, welche die Interferenzfähigkeit maximal stört.

Üblicherweise lassen, abgesehen von Absorption, alle Stoffe einen Teilstrahl eines Lichtbündels durch und reflektieren einen Teilstrahl. Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß die Polarisationsvorrichtung als reflektierende Umlenkvorrichtung für das Lichtbündel ausgebildet ist. Bei einer anderen vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Polarisationsvorrichtung für Licht im Lichtbündel durchlässig und für eine Transmission im Strahlengang des Lichtbündels angeordnet. Bei beiden Weiterbildungen läßt sich die gesamte Lichtintensität des eingangsseitigen Lichtbündels in der Gesamtintensität aller Teilstrahlen weiter verwenden. Dadurch wird ein hoher Aufwand, der sich beispielsweise bei einem Videosystem bei Erhöhung der Laserleistung überproportional erhöhen würde, bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung vermieden.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die Polarisationseinrichtung auf mindestens einer ihrer Oberflächen, durch die das Lichtbündel hindurchgeht bzw. von der es reflektiert wird, eine polarisierende Struktur mit in Form einer Matrix angeordneten Bereichen auf, die abhängig vom Ort des Durchgangs bzw. der Reflexion der Teillichtbündel unterschiedliche Phasenverschiebungen für Polarisationskomponenten im Teillichtbündel erzeugen.

Bei dieser Weiterbildung wird die unterschiedliche Polarisierung von Teillichtbündeln durch eine Struktur zur Erzeugung einer Polarisationsänderung aufgrund von Phasenverschiebungen erreicht. Wie aus den später beschriebenen Weiterbildungen ersichtlich wird, läßt sich dies in verschiedenster Weise verwirklichen. Allen Beispielen ist aber gemeinsam, daß sich der Polarisationsrichtung durch einfache Strukturierungstechniken, wie physikalisches oder chemisches Ätzen herstellen läßt.

Diese einfache Fertigungsweise macht den Polarisationsrichtung besonders kostengünstig und erlaubt auch eine kostengünstige Massenproduktion. Deswegen ist eine derartige Polarisationsrichtung insbesondere in der Videotechnik für den Konsumerbereich besonders vorteilhaft einsetzbar.

Mit Strukturen, die beispielsweise durch Erhöhungen und Vertiefungen auf einem doppelbrechenden Kristall ausgebildet sind, kann man jedoch nur in einem begrenzten Wellenlängenbereich eine Polarisierung bezüglich der gewollten orthogonalen Polarisationszuständen erreichen. In der Farbvideotechnik benötigt man allerdings mindestens drei Wellenlängen, um den vom Menschen erfassbaren Farbtönenbereich mindestens annähernd abzudecken.

Die Ausbildung der Polarisationsrichtung für derartige Anwendungen erfolgt gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung in vorteilhafter Weise dadurch, daß die Struktur für jede Wellenlänge Bereiche zum Beaufschlagen eines Teillichtbündels mit einem Polarisationszustand hat, der zum Polarisationszustand der zu dem von anderen Bereichen ausgehenden Teillichtbündel orthogonal ist. Wie vorstehend schon näher erläutert, sind orthogonale Zustände für eine besonders effektive Unterdrückung der Speckle geeignet.

Für die Anwendung im Farbvideobereich ist bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß die Struktur auf der Polarisationsrichtung für jede Wellenlänge Bereiche zum Beaufschlagen eines Teillichtbündels mit einem Polarisationszustand hat, der zum Polarisationszustand anderer Teillichtbündel orthogonal ist. Bei dieser Weiterbildung kann man für alle in dem Lichtbündel enthaltenen Wellenlängen die weiter oben beschriebenen vorteilhaften Eigenschaften von zueinander orthogonalen Polarisationszuständen ausnutzen.

Wie durch die vorstehenden Ausführungen schon deutlich wurde, reicht es zur vollständigen Unterdrückung der Speckle nicht aus, nur zwei Teillichtbündel unterschiedlich zu polarisieren, da dann eine Interferenz des in einem Teillichtbündel enthaltenden Lichts immer noch möglich ist. Die Anzahl derartiger Teillichtbündel ist um so größer, je kleiner die das Teillichtbündel ausstrahlenden Bereiche sind. Auch um flächenmäßig sehr kleine Helligkeitsmaxima, die Speckle, zu verringern, sollte man die Teillichtbündel sehr klein wählen und beim Strukturieren der Polarisationsrichtung möglichst eine Vielzahl von kleinen Bereichen zum Erzeugen unterschiedlicher Polarisationszustände vorsehen.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung sind diese Bereiche zum Erzeugen gleicher Polarisationszustände der Polarisationsrichtung örtlich gemäß einem statistischen Muster verteilt. Aufgrund dieser Verteilung werden regelmäßige Strukturen, die bei Teillichtbündeln ein und desselben Polarisationszustandes wieder zu Interferenzen führen könnten, vermieden. Vorteilhafterweise werden dadurch die bei regelmäßiger Anordnung zu erwartenden, neu entstehenden Speckle unterdrückt.

Um derartige Strukturen zu realisieren, beispielsweise mittels physikalischer oder chemischer Ätztechniken, kann man beim Entwurf der Ätzmaske für jeden Bereich mit einem Zufallsgenerator würfeln, ob ein bestimmter Polarisationszustand oder der dazu orthogonale Polarisationszustand durch diesen Bereich bei Transmission oder Reflexion eines Teillichtbündels eingestellt werden soll und die Ätzmaske entsprechend ausbilden.

Wie vorstehend schon mehrfach angesprochen wurde, ist das Fertigen der Struktur mit Hilfe von physikalischem oder chemischen Ätzen besonders günstig. Derartige Strukturen lassen sich bei einer bevorzugten Weiterbildung besonders einfach realisieren, bei welcher die Polarisationsrichtung aus doppelbrechendem Material besteht und Bereiche zum Beaufschlagen unterschiedlicher Teillichtbündel mit verschiedenen Polarisationszuständen durch unterschiedliche Dicken des Materials verwirklicht sind.

Aufgrund der doppelbrechenden Eigenschaften des Materials hat Licht in Abhängigkeit der Polarisationsrichtung unterschiedliche Laufzeiten, was sich in unterschiedlichen Brechungsindizes auswirkt. Das bedeutet, bei bestimmten Dicken des Materials, wie später noch anhand von Ausführungsbeispielen dargestellt wird, lassen sich durch die aufgrund der Laufzeiten verschiedenen Phasen von Polarisationszuständen neue Polarisationszustände gezielt erreichen.

Die Weiterbildung erlaubt deshalb vorteilhafterweise eine einfache Ausbildung einzelner Bereiche für die Einstellung eines bestimmten Polarisationszustandes in Abhängigkeit vom Polarisationszustand des einlaufenden Lichtbündels. In Abhängigkeit seiner doppelbrechenden Eigenschaften und der Wellenlänge des Lichts muß die Dicke des Materials für jeden Bereich nur entsprechend gewählt werden. Zur Ausbildung einer Struktur mit verschiedenen Dicken sind beispielsweise übliche Ätztechniken anwendbar.

Weiter hat diese Weiterbildung der Erfindung den Vorteil, daß die Polarisationsrichtung nicht als Filter wirkt, sondern den Polarisationszustand des einfallenden Lichtes nur ändert. Während ein Filter einen Teil der Lichtleistung aufnehmen würde, ist bei dieser Ausführungsform nahezu kein Leistungsverlust zu befürchten. Lokale Erwärmung und eine damit verbunden Beanspruchung werden somit gemäß der Weiterbildung vermieden, und die Lebensdauer der Polarisationsrichtung ist erhöht.

Der vernachlässigbare Leistungsverlust bei gemäß der Weiterbildung ausgestalteten Polarisationsrichtungen zeigt weitere Vorteile beim Einsatz der Erfindung in Laservideosystemen. Die Leistung der Laserquellen läßt sich wegen der geringen Verluste auf das zur Beleuchtung eines Bildpunktes notwendige Maß reduzieren. Ein bei erhöhter Leistung nötiger zusätzlicher Aufwand für die Laser und ihre Kühlung bzw. Temperaturstabilisierung ist dann vermeidbar.

Wie vorstehend ausgeführt, gibt es für das Vermeiden von Speckle bei der Erfindung Grenzen, die im wesentli-

chen durch die Fertigungstechnik bedingt sind. So lassen sich theoretisch Strukturen betrachten, bei denen die Speckle vollständig unterdrückt werden, wenn die Bereiche gleicher Polarisierung statistisch verteilt sind und aufgrund der Polarisierungseinrichtung nur orthogonale Zustände erzeugt werden. In der Praxis gibt es aber immer Übergangszonen zwischen Bereichen eines Polarisationszustandes zu einem benachbarten Bereich eines anderen Polarisationszustandes. Um den Einfluß derartiger Übergangszonen sehr gering zu halten, sollten diese sehr klein sein.

Deshalb ist gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß die Polarisierungseinrichtung durch Ionenstrahlätzen strukturiert ist. Im Gegensatz zu chemischem Ätzen ermöglicht diese Technik besonders steile Flanken, die im wesentlichen nur von der Genauigkeit der Ionenstrahlrichtung beim Materialabtrag bestimmt sind. Durch diese Herstellungsweise lassen sich Polarisierungseinrichtungen für eine besonders gute Unterdrückung von Speckle erzeugen. Ionenätztechniken sind beim heutigen Stand der Technik auch großtechnisch anwendbar, wie die Halbleitertechnik zeigt, bei der Ionenätztechniken aufgrund fortschreitenden Miniaturisierung auch für kostengünstige Fertigung in Massenproduktion standardmäßig eingesetzt werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß zur Polarisierung eines Teillichtbündels in der Polarisierungseinrichtung Bereiche zum Erzeugen des jeweiligen Polarisationszustandes vorgesehen sind, die sich jeweils in jeder Richtung senkrecht zum Strahlenverlauf des Teillichtbündels zwischen einer Wellenlänge und dem Zwanzigfachen der Wellenlänge des Lichtbündels erstrecken.

Aufgrund dieser Merkmale werden solche Bereiche sehr klein gehalten. Wie vorstehend schon angemerkt wurde, werden die Speckle um so effektiver unterdrückt, um so geringer derartige Bereiche sind. Andererseits sollten sie sich auch nicht so klein sein, daß das Lichtbündel aufgrund von Beugung an den kleinen Strukturen zu stark aufweitet wird. Die Dimensionierung der Bereiche zwischen dem ein und dem zwanzigfachen der Wellenlänge hat sich diesbezüglich als besonders günstig herausgestellt.

Bei sichtbarem Licht, beispielsweise um Wellenlängen von 400 nm, liegt die durch das zwanzigfache gegebene Obergrenze ungefähr bei 8 Mikrometern, also in einer Größenordnung, die sich durch aus der Halbleitertechnologie bekannte Mikrostrukturierungstechniken leicht verwirklichen läßt.

Es wurde zwar vorstehend schon erwähnt, daß eine Bewegungsvorrichtung bei Verwendung der erfindungsgemäßen Polarisierungseinrichtung prinzipiell nicht nötig ist, wenn diese so ausgestaltet ist, daß die Interferenzfähigkeit vollständig gestört ist. Eine vorteilhafte Weiterbildung sieht jedoch eine an die Polarisierungseinrichtung gekoppelte Bewegungsvorrichtung zur Bewegung senkrecht zum Lichtbündel vor.

Diese hat den Vorteil, daß kleine noch übrigbleibende Speckle, die dadurch verursacht sein können, daß die Struktur mechanisch nicht beliebig einer theoretischen Form zur Auslöschung von Speckle angepaßt werden kann, zeitlich verwischt werden. Mit Hilfe des Bewegungsmechanismus wird die Polarisierungseinrichtung verschoben und unterschiedliche Teillichtbündel nehmen während der Bewegung die verschiedenen Polarisationszustände an, so daß die restlichen Speckle auf der Netzhaut des Auges wandern. Wenn die Bewegung so

schnell ist, daß die Trägheit des Auges diese nicht mehr erfassen kann, werden diese Speckle "verwischt".

Bei einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Polarisierungseinrichtung ein aktives Bauelement, das zur Erzeugung der verschiedenen Polarisationszustände elektrooptische oder magnetooptische Effekte nutzt. Mit elektrooptischen oder magnetooptischen Bauelementen kann die Polarisierung durch Einstellen einer Spannung oder eines Magnetfeldes verändert werden. Eine derartige Polarisierungseinrichtung kann also leicht an die gewünschte Wellenlänge angepaßt werden. Die Einstellmöglichkeit ermöglicht auch ein Optimieren zur Unterdrückung von Speckles.

Insbesondere ist für eine schnelle zeitliche Variation der Polarisierung gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß zum Erzielen verschiedener Polarisationszustände für Teillichtbündel an einer strukturierten Polarisierungseinrichtung LCD-Matrizen angeordnet sind oder die Polarisierungseinrichtung elektrooptische oder magnetooptische Kristalle, wie DKDP, LiNbO₃, optische Keramiken oder Flüssigkristalle enthält und daß die Einstellung der Polarisationszustände verschiedener Teillichtbündel durch eine elektrische oder magnetische Anregung durchführbar ist.

Durch Schalten verschiedener Bereiche der oben näher beschriebenen Polarisierungseinrichtung über eine LCD-Matrix oder wenn die Polarisierungseinrichtung selbst eine LCD-Matrix ist, lassen sich ebenfalls die Polarisationszustände schnell ändern, so daß man von dem vorstehend bezüglich der Bewegung beschriebenen Vorteil Gebrauch machen kann, ohne daß ein Verschleiß von zu einem Bewegungsmechanismus gehörigen Teilen zu erwarten ist. Gleiches gilt auch, wenn die verschiedene Polarisierung durch elektrische oder magnetische Anregung erfolgt, also man beispielsweise den Kerr-Effekt zur Polarisationsänderung ausnutzt.

Die angegebenen Materialien sind handelsüblich mit hoher Reinheit zum Erreichen hoher Polarisationsgrade erhältlich. Deswegen eignen sie sich besonders beim Einsatz bezüglich der Erfindung.

Wenn man die Polarisierungseinrichtung selbst als LCD-Matrix ausbildet, kann die lokal unterschiedliche Polarisierung der Flüssigkristalle aufgrund unterschiedlicher Spannungen an den Matrizenelementen zu unterschiedlichen Polarisierung des Lichtbündels ausgenutzt werden. Man spart dabei die vorhergehend genannten Strukturierungsschritte. Durch die Massenproduktion von LCD-Matrizen als Anzeige im Konsumerbereich sind diese besonders kostengünstig einsetzbar.

Bei einer vorzugsweisen Weiterbildung der Erfindung ist auch ein das von der Polarisierungseinrichtung ausgehende Lichtbündel erfassendes optisches System vorgesehen.

Mit einem derartigen optischen System wird auch Licht aus dem Beugungsbild erfaßt, das an den Rändern der Bereiche zum Beaufschlagen mit einem bestimmten Polarisationszustand das Lichtbündel aufweitet. Mit Hilfe des optischen Systems läßt sich der Leistungsverlust deswegen noch weiter verringern, bzw. es erlaubt noch kleinere Bereiche zum Beaufschlagen eines Polarisationszustandes, ohne daß ein Intensitätsverlust durch Beugung befürchtet werden muß. Diese Weiterbildung ist somit ebenfalls zum Vermindern von Speckle vorteilhaft anwendbar.

Die im folgenden angegebenen Weiterbildungen der Erfindung betreffen vor allem den Einsatz bei einem Videogerät.

Bei Videosystemen werden die Speckle als besonders störend empfunden. Die Anwendung des Verfahrens erlaubt im Gegensatz zum zitierten Stand der Technik sogar eine vollständige Auslöschung der Speckle, ohne daß wie bei der rotierenden Streuscheibe wesentliche Lichtverluste auftreten. Bei einer Vorrichtung zur Erzeugung eines Videobildes ist eine Rastereinrichtung zum bild- und zeilenmäßigen Rastern eines mit einem Videosignal modulierten Lichtbündels auf einem Bildschirm vorgesehen und die Polarisationsvorrichtung im Strahlengang des Lichtbündels und bei Vorsehen eines optischen Systems vor diesem angeordnet.

Bei einem Farbvideosystem werden mindestens drei Lichtbündel mit unterschiedlichen Wellenlängen zu einem gemeinsamen Lichtbündel vereinigt. Bei einem derartigen System sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Einrichtung vor, daß sie mehrere Einzellichtbündel unterschiedlicher Wellenlängen und eine Vereinigungseinrichtung zur Erzeugung des Lichtbündels aus diesen enthält und daß für jede Wellenlänge eine Polarisationsvorrichtung zur Änderung der Polarisationszustände verschiedener Teillichtbündel im Strahlengang jedes Einzellichtbündels vor der Vereinigungseinrichtung vorgesehen ist.

Aufgrund dieser Merkmale wird die Interferenzfähigkeit für Licht jeder Wellenlänge unabhängig von den anderen Wellenlängen gestört. Dadurch läßt sich für jede Wellenlänge separat die Interferenzfähigkeit aufheben, was gegenüber der vorhergehend beschriebenen Polarisationsvorrichtung, die auf drei verschiedene Wellenlängen angepaßt ist, eine bessere Optimierung bezüglich der Unterdrückung von Speckles ermöglicht.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung beispielshalber noch näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine prinzipielle Darstellung einer bei der Erfindung einsetzbaren Polarisationsvorrichtung;

Fig. 2 eine Seitenansicht der in Fig. 1 dargestellten Polarisationsvorrichtung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Erläuterung der Polarisationsänderung bei einer Polarisationsvorrichtung gemäß Fig. 1 und 2;

Fig. 4 eine Polarisationsvorrichtung für ein Ausführungsbeispiel, in dem diese zur Reflexion eines Lichtbündels ausgestaltet ist;

Fig. 5 ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel für ein Videosystem;

Fig. 6 ein weiteres erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel für ein Videosystem.

In den Fig. 1 bis 3 ist schematisch das erfindungsgemäße Verfahren erläutert, bzw. ist eine Polarisationsvorrichtung 1 dargestellt, die bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung eingesetzt werden kann.

In Fig. 1 ist eine Aufsicht auf die Polarisationsvorrichtung 1 bezüglich der Richtung eines einfallenden Lichtbündels gezeigt. Die beispielhaft dargestellte Polarisationsvorrichtung 1 ist in gleichmäßige Bereiche 2, die im Ausführungsbeispiel als quadratische Felder ausgebildet sind, unterteilt. Diese Bereiche 2 dienen dazu, das einfallende Lichtbündel in von jedem Bereich 2 ausgehende Teillichtbündel zu unterteilen. Jeder Bereich 2 beaufschlagt das von diesem ausgehende Teillichtbündel mit einem definierten Polarisationszustand bei vorgegebenem Polarisationszustand des einfallenden Lichtbündels. Das Verfahren zur Unterdrückung der Speckle verwendet die Eigenschaft, daß zwei Lichtbündel mit zueinander orthogonalen Polarisationszuständen nicht miteinander interferieren. Durch Änderung der Polarisationszustände eines kohärenten Lichtstrahls

wird die Interferenzfähigkeit des Lichts herabgesetzt, Speckleintensitäten also verringert.

In Fig. 1 sind beispielhaft zwei Bereiche 4 und 6 eingezeichnet, deren ausgehendes Teillichtbündel mit verschiedenen linearen Polarisierungen beaufschlagt sind. Die Richtung der linearen Polarisierung der Teillichtbündel ist durch in den Bereichen 4 und 6 eingezeichnete Pfeile angedeutet.

Die verschiedenen Polarisationszustände der aus den Bereichen 4 und 6 stammenden Teillichtbündel sind orthogonal, das heißt das Produkt der beiden Polarisationsvektoren ist Null. Deswegen interferieren die aus den Bereichen 4 und 6 stammenden Teillichtbündel nicht miteinander.

Für die Zerstörung der Interferenzfähigkeit ist es vor allem vorteilhaft, wenn Bereiche 4 und 6, die jeweils unterschiedliche Polarisationszustände der ausgehenden Teillichtbündel verursachen, ungleichmäßig über die Fläche der Polarisationsvorrichtung 1 verteilt sind. Insbesondere eine statistische Verteilung verhindert ein regelmäßiges Muster für die Emission von Teilstrahlen, das wieder zu scharfen Interferenzen oder Speckle führen könnte.

Wie die verschiedene Polarisierung unterschiedlicher Bereiche 2 verwirklicht werden kann, ist aus der schematischen Seitenansicht der Polarisationsvorrichtung 1 in Fig. 2 zu erkennen.

Fig. 2 zeigt, daß das Licht des Lichtbündels eine größere Materialdicke in den Bereichen 4 durchlaufen muß als in den Bereichen 6. Diese unterschiedlichen Materialdicken führen zu unterschiedlichen Polarisationszuständen bei den ausgehenden Teillichtbündeln bei vorgegebenem Polarisationszustand des einfallenden Lichtbündels. Dies wird in Verbindung mit der Beschreibung von Fig. 3 noch deutlicher werden.

Ferner ist in Fig. 2 auch die unregelmäßige Anordnung der Bereiche 4 und 6 angedeutet. Eine statistische Anordnung mit unterschiedlichen Bereichen 4 und 6 erreicht man beispielsweise bei Ätzen durch eine Maske, deren freie Flächen mittels eines Zufallsgenerators bestimmt werden.

Das im Ausführungsbeispiel für die Polarisationsvorrichtung 1 verwendete Material ist ein doppelbrechender Kristall. Je nach linearem Polarisationszustand des einfallenden Lichtbündels zu einer durch das Material und der Schnittrichtung bedingten Kristallrichtung sind zwei Komponenten unterschiedlicher Polarisierung eines Lichtstrahles gegeben, denen unterschiedliche Brechungsindizes n_1 und n_2 für die Ausbreitung im Material zugeordnet sind.

Die Laufzeiten der beiden Komponenten des Lichts mit verschiedenen Polarisationszuständen sind, wie durch die unterschiedlichen Brechungsindizes gegeben, verschieden voneinander, und bei Durchlaufen des Materials ergeben sich unterschiedliche Phasen der einzelnen Komponenten zueinander. Aufgrund dieser Veränderung der Phasen in Abhängigkeit der Dicke des durchlaufenen Materials werden unterschiedliche Polarisationszustände beim austretenden Licht erzeugt.

Dies wird anhand der Fig. 3 näher verdeutlicht. Das durch unterbrochen Linien 10 und 12 gekennzeichnete Koordinatenkreuz bezeichnet die Achsen, in denen das Material die beiden zu den Brechungsindizes n_1 und n_2 gehörigen linearen Polarisationszustände eines Lichtbündels ohne Polarisationsänderung durchläßt. Der nach oben zeigende Vektor 14 bezeichnet beispielhaft einen linearen Polarisationszustand des einfallenden Lichtbündels. Dieser hat bezüglich des mit den Linien 11

und 12 gekennzeichneten Koordinatenkreuzes gleiche Komponenten. Wenn die Komponenten des Lichtbündels aufgrund der unterschiedlichen Laufzeit nach Durchlaufen wieder die gleiche Phase zueinander haben wie beim einfallenden Lichtbündel, addieren sich die Komponenten für das ausgehende Lichtbündel wieder zu dem gleichen mit dem Vektor 14 bezeichneten Polarisationszustand.

Wird die entlang der Linie 12 aufgetragene Komponente aufgrund der unterschiedlichen Laufzeit gegenüber der auf der Linie 10 aufgetragenen Komponente um eine halbe Wellenlänge verschoben, ergibt sich für diese Komponente eine Richtungsumkehr, wie in Fig. 3 durch den weißen Pfeil 16 angedeutet ist. Die Komponenten für das ausgehende Teillichtbündel addieren sich dann zu dem mit dem weißen Pfeil 18 gekennzeichneten Polarisationsvektor. Die Fig. 3 macht erstens deutlich, daß orthogonale Polarisationszustände bei der Polarisationsrichtung 1 durch unterschiedliche Materialdicken erreichbar sind. Zweitens lassen sich aus den genannten Erörterungen auch die Abhängigkeiten der Polarisationsänderungen von der relativen Phase des ordentlichen und des außerordentlichen Strahls gewinnen.

Die gleichen Betrachtungen wie bei der linearen Polarisierung im einfallenden Lichtbündel lassen sich mit Hilfe der Fig. 3 auch auf zirkular polarisiertes Licht anwenden. Allerdings sind die Komponenten bei zirkular polarisiertem Licht im durch die Linien 10 und 12 bezeichneten Koordinatenkreuz imaginär, so daß eine Rechnung statt einer graphischen Darstellung geeigneter ist. Eine derartige Rechnung führt zu dem Ergebnis, daß das der Fig. 3 zugrunde gelegte doppelbrechende Material mit der durch die Kristallrichtung bestimmten, durch die Linien 10 und 12 dargestellten Koordinatenkreuz auch geeignet ist, zirkular polarisiertes Licht aufgrund der in Fig. 2 gezeigten, unterschiedlichen Dicken der Bereiche 4 und 6 in Teilstrahlen aus rechts- und links polarisiertem Licht zu zerlegen.

In Fig. 2 sind zwei Abmessungen h und d eingetragen, welche die Laufzeit von Teillichtbündeln durch die Polarisationsrichtung 1 und damit den Polarisationszustand des ausgehenden Teillichtbündels festlegen. Aufgrund der vorstehend angegebenen Betrachtungen erhält man, wenn gemäß Fig. 1 und Fig. 3 nach dem Durchlaufen eines Lichtbündels durch den Bereich 6 eine relative Phasenänderung von einem ganzzahligen Vielfachen und in dem Bereich 4 eine relative Phasenänderung um ein halbzahliges Vielfaches der Wellenlänge erfolgen soll, die Beziehungen:

$$h = \frac{(2m_1 - 1) \lambda}{(n_1 - n_2) 2}; \quad d = \frac{(2m_2 - 1) \lambda}{(n_1 - n_2) 2}$$

bei der die Größen d und h , die in Fig. 2 bezeichneten Größen, n_1 und n_2 die Brechungsindizes für ordentlichen und außerordentlichen Strahl, m_1 und m_2 frei wählbare ganze Zahlen und λ die Wellenlänge des Lichts im Lichtbündel bedeuten.

Für $\lambda/[2(n_1 - n_2)]$ ergibt sich bei einer im Ausführungsbeispiel verwendete Quarzplatte bei einer Wellenlänge von 434 nm eine Größe von 23 μm und bei Licht mit 508 nm Wellenlänge eine Größe von 27 μm . Dies sind die minimalen Größen von d und h . Andere geeignete Größen für d und h ergeben sich aus diesen, indem die angegebenen Werte mit einer beliebigen ungeraden

Zahl multipliziert werden.

Soll ein eingangsseitig linear polarisiertes Lichtbündel in Teilstrahlen mit zirkularen Polarisationszuständen zerlegt werden, ist statt der Verschiebung um eine halbe Wellenlänge für h oder d eine weitere Phasenverschiebung um ein viertel der Wellenlänge zu berücksichtigen. Die Größe d wird dann gegenüber den angegebenen Werten um die Hälfte kleiner gewählt.

Wird ein doppelbrechendes Material verwendet, das senkrecht zu seiner optischen Achse geschnitten ist, kann man auch die spezifische Polarisationsdrehung des Materials ausnutzen. Für Quarz ergibt sich dann beispielsweise bei einer Wellenlänge von 404 nm eine Dicke von 1,84 mm für eine Drehung der linearen Polarisierung um 90° .

Während im Beispiel von Fig. 2 eine Polarisationsrichtung 1 für die Transmission eines Lichtbündels gezeigt wurde, ist in Fig. 4 beispielhaft eine für die Reflexion des einfallenden Lichtbündels geeignete Polarisationsrichtung dargestellt.

Um ein einfallendes Lichtbündels 20 mit unterschiedlichen Polarisationszuständen zu beaufschlagen, ist eine Schicht 22 optisch aktiven Materials vorgesehen, die an ihrer Rückseite mit einer spiegelnden Schicht 24 versehen ist. Auf der Oberseite befindet sich eine Struktur aus weiteren spiegelnden Flächen 26. Die spiegelnden Flächen 24 und 26 können beispielsweise durch Aufdampfen von Aluminium und nachfolgendem Strukturieren der aufgedampften Aluminiumschicht mittels einer Maske angefertigt werden.

Ein Lichtbündel, das auf einer der spiegelnden Flächen 26 auftrifft, ändert durch Reflexion seine Polarisierung in gleicher Weise wie ein an der spiegelnden Schicht 24 reflektiertes Lichtbündel. Jedoch erfährt das von der spiegelnden Schicht 24 reflektierte Lichtbündel bei Durchlaufen der Schicht 22 optisch aktiven Materials zusätzlich eine Polarisationsänderung nach dem in Fig. 3 dargestellten Prinzip.

Bei diesem Beispiel kann die Polarisationsänderung nicht nur durch Phasenverschiebung der beiden Komponenten in einem doppelbrechenden Material sondern auch mit Hilfe elektrooptischer oder magnetooptischer Effekte vorgenommen werden. Für das Material eignen sich insbesondere DKDP-Kristalle, LiNbO_3 oder optische Keramiken.

Weiter kann man statt strukturierter Matrizen auch LCD-Matrizen einsetzen. In LCD-Matrizen werden Flüssigkristalle bei Anlegen elektrischer Felder polarisiert. Die so ausgerichteten Flüssigkristalle können in gleicher Weise, wie bei der Polarisationsrichtung 1 gemäß Fig. 1 beschrieben, ein einfallendes Lichtbündel in Teillichtbündel mit unterschiedlichen Polarisationszuständen zerlegen, damit die Specklebildung vermindert oder sogar vollständig vermieden wird.

Bei fehlender elektrischer Ansteuerung befinden sich die Kristallrichtungen der Flüssigkeitskristalle schon in einer statistischen Anordnung, so daß bei diesen sogar schon eine effektive Unterdrückung von Speckle ohne definierte Ausrichtung durch eine Spannung zu erwarten ist.

Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Erfindung innerhalb eines Farbvideosystem verwendet wird. Bei der einleitend schon beschriebene Art von Videogeräten werden zur Farbdarstellung üblicherweise drei Lichtquellen 30, 40, 50 unterschiedlicher Wellenlänge, d. h. unterschiedlicher Farbe, eingesetzt, die bezüglich dem Farbton und Helligkeit für jeden Bildpunkt eines Videobildes intensitätsmäßig angesteuert werden.

Die so erzeugten drei Lichtbündel werden über Spiegel 32, 42 und 52 vereinigt. Insbesondere lassen sich, wenn die Spiegel 32, 42 und 52 als dichroitische Spiegel ausgeführt sind, alle drei Lichtstrahlen ohne Verluste in einfacher Weise, wie in Fig. 5 gezeigt, zu einem gemeinsamen parallelen Lichtbündel 60 zusammenführen.

Das Lichtbündel 60 wird zur Darstellung eines Videobildes mittels einer Rastereinrichtung 62 bild- und zeilenmäßig über einen Bildschirm 64 gerastert. Durch die intensitätsmäßige Ansteuerung der drei Lichtquellen 30, 40 und 50 und durch das Rastern wird das Videobild analog zum bekannten Fernsehen erzeugt, bei dem allerdings Elektronenquellen intensitätsmäßig angesteuert werden und durch magnetische oder elektrische Felder abgelenkt auf einen Bildschirm geworfen werden, der die Energie der Elektronen in Photonen verschiedener Farbe konvertiert.

Bei einem Videosystem, das mit Lichtquellen 30, 40, 50 arbeitet, setzt man üblicherweise Laser wegen der innen eigenen Emission eines hochparallelen Lichtbündels ein. Aufgrund der Kohärenz solcher Laserstrahlen entstehen aber die erwähnten, vom Betrachter als störend empfundenen Speckle.

Zur Unterdrückung derartiger Speckle ist die Polarisationseinrichtung 1 von Fig. 1 im Strahlengang des Lichtbündels 60 angeordnet. Diese ist allerdings wie beschrieben durch statistische Anordnung der Bereiche zur unterschiedlichen Polarisierung für alle drei Wellenlängen des von den Lichtquellen 30, 40, 50 strukturiert.

Um auch eventuelle Restspeckle aufgrund eventueller zu berücksichtigender Fertigungstoleranzen bei der Herstellung der Polarisationseinrichtung zu unterdrücken, ist in dem Ausführungsbeispiel von Fig. 5 auch eine Bewegungsvorrichtung 66 vorgesehen, welche die Polarisationseinrichtung 1 senkrecht zum Strahlenverlauf des Lichtbündels 60 schnell oszillierend bewegt. Aufgrund der so erzeugten Bewegung der Polarisationseinrichtung 1 werden zeitlich unterschiedliche Teillichtbündel polarisiert, was zu einem zeitlich unterschiedlichen Ort möglicher Restspeckle auf dem Bildschirm 64 oder der Netzhaut eines Beobachters führt. Die Speckle werden also zeitlich verwischt. Wenn die Bewegung so schnell erfolgt, daß sie aufgrund der Trägheit des Auges nicht mehr wahrgenommen wird, sind auch Restspeckle nicht mehr erfaßbar.

Im Ausführungsbeispiel von Fig. 5 sind im Strahlengang des Lichtbündels auch noch zwei Umlenkspiegel 68 zu sehen, die aber nur zweckmäßig sind, wenn die räumlichen Abmessungen des Videosystems verringert werden sollen.

Die Polarisationseinrichtung 1 wurden bei diesem Ausführungsbeispiel mit sehr kleinen Bereichen 2, in der Größenordnung einiger Wellenlängen, ausgebildet, damit möglichst viele Teillichtbündel entstehen. An den Grenzen derartiger Bereiche kann deshalb eine Beugung des Lichtstrahls 60, also eine unerwünschte Aufweitung des Lichtbündels 60 erfolgen. Um das Lichtbündel ohne größere Lichtverluste wieder zu parallelisieren wurde das in Fig. 5 dargestellte optische System 70 im Ausführungsbeispiel bezüglich der Ausbreitung des Lichtbündels 60 hinter der Polarisationseinrichtung 1 angeordnet.

In einfachster Ausführung besteht das optische System 70 aus einer einzigen Linse, deren der Polarisationseinrichtung 1 zugewandter Brennpunkt nahe bei dem Ort liegt, an dem das Lichtbündel 60 nach Durchlaufen von dieser wieder austritt.

In Fig. 6 ist ein weiteres Videosystem gezeigt. Es ver-

deutlicht vor allem auch die vielen möglichen Ausführungsformen für ein Farbvideosystem beim Vergleich mit Fig. 5.

Mit Fig. 5 sind vor allem die Lichtquellen 30, 40, 50 zur Bildung des gemeinsamen Lichtbündels 60 und die Rastereinrichtung 62 zur Ablenkung auf dem Bildschirm 64 gemeinsam. Es ist auch ein optisches System 72 erkennbar, das hier aber nur das aus einer Multimodefaser 74 kommende Lichtbündel 60 in die Rastereinrichtung abbildet. Das optische System 72 parallelisiert wieder, ähnlich wie das optische System 70 in Fig. 5, das Lichtbündel für die Rastereinrichtung 62. Es läßt sich am einfachsten durch eine Linse realisieren, dessen in Richtung der Multimodefaser 74 gelegener Brennpunkt auf dem Kern der Multimodefaser 74 liegt.

In die Multimodefaser 74 wird das Licht von den drei Lichtquellen 30, 40, 50 über Monomodefasern 82, 84, 86 über Leckfeldkopplung (evanescent field coupling) eingekoppelt.

Zur Aufhebung der Interferenzfähigkeit befinden sich zwischen den Lichtquellen 30, 40 und 50 und den Monomodefasern 82, 84, 86 Polarisationsrichtungen 87, 88 und 89, die auf die jeweilige Wellenlänge der Lichtquellen 30, 40, 50 angepaßt sind. Diese können wie die Polarisationsrichtung 1 ausgestaltet sein. In diesem Ausführungsbeispiel wurde jedoch auf den in Fig. 5 gezeigten Bewegungsmechanismus 66 zur Verringerung von Restspecklen verzichtet. Restspeckle werden in diesem Ausführungsbeispiel jedoch ebenfalls zeitlich verwischt, da für die Polarisationsrichtungen 87, 88 und 89 LCD-Matrizen eingesetzt wurden, die zeitlich für unterschiedliche Polarisationszustände der durch die LCD-Matrix gegebenen Bereiche angesteuert werden.

Die Polarisierung erfolgt bei LCD Matrizen durch Ausrichtung von Flüssigkristallen mittels einer Spannung. Die Zellen der LCD Matrix werden also unterschiedlich mit Spannungen beaufschlagt, damit eine Matrix entsteht, wie sie schon bei der Polarisationsrichtung 1 in Zusammenhang mit den Fig. 1 bis 3 beschrieben wurde. Die Spannungen zur Ansteuerung werden variiert, so daß sich zeitlich unterschiedliche Polarisationsmatrizen ergeben. Diese so entstehende zeitlich sich ändernde Polarisierung macht die Verwendung eines zusätzlichen Bewegungsmechanismus zur Unterdrückung von Restspecklen unnötig.

Zwischen den Polarisationsrichtungen 87, 88 und 89 befinden sich optische Systeme 90, 92, 94. Diese optischen Systeme 90, 92, 94 lassen sich im einfachsten Fall mit zwei Linsen verwirklichen. Die erste Linse parallelisiert dabei das Lichtbündel, wie es schon bezüglich des optischen Systems 70 von Fig. 5 beschrieben wurde. Die zweite Linse koppelt das parallelisierte Lichtbündel in die jeweilige Monomodefaser 82, 84 oder 86 ein.

Insbesondere fällt bei den Ausführungsbeispielen von Fig. 5 und Fig. 6 auf, mit welchen einfachen Mitteln die Unterdrückung von Speckle erfindungsgemäß bei einem Farbvideosystem durchgeführt werden kann. Vor der Erfindung hatte die Fachwelt einen wesentlich höheren Aufwand, wie die Bewegung des überaus großen Bildschirms gefordert, wovon aber subjektive Speckle überhaupt nicht beeinflußt werden. Aufgrund der Erfindung gelingt es dagegen, sogar derartige Speckle mit vertretbar geringem Aufwand zu unterdrücken oder sogar vollständig zu beseitigen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Vermindern von Interferenzen

eines kohärenten Lichtbündels (20; 60), dadurch gekennzeichnet, daß das Lichtbündel (20; 60) senkrecht zur Ausbreitungsrichtung örtlich unterschiedlich polarisiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisation des Lichtbündels (20; 60) diskontinuierlich in senkrecht zur Ausbreitungsrichtung örtlich nebeneinanderliegenden Bereichen (4, 6) so polarisiert wird, daß die von jeweils zwei nebeneinanderliegende Bereichen (4, 6) ausgehenden Teillichtbündel zueinander orthogonal polarisiert sind.

3. Vorrichtung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, zur Beleuchtung einer Fläche (64) mit einem kohärenten Lichtbündel (20; 60) mittels einer Einrichtung zum Verändern der Interferenzfähigkeit des Lichtbündels (20; 60), dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung eine im Strahlengang des Lichtbündels befindliche Polarisationseinrichtung (1; 87, 88, 89) aufweist, durch die unterschiedliche Teillichtbündel des eingangsseitigen Lichtbündels (20; 60) unterschiedlich polarisierbar sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisationseinrichtung (1) senkrecht zur Richtung des Lichtbündels sich erstreckende Bereiche (2, 4, 6) aufweist, in denen Teillichtbündel unterschiedlich polarisierbar sind, wobei mindestens zwei der Bereiche (4, 6) zueinander orthogonale Polarisationszustände erzeugen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisationseinrichtung (1; 87, 88, 89) so ausgebildet ist, daß die von ihr ausgehenden Teillichtbündel eines Polarisationszustandes die gleiche Gesamtintensität wie die Teillichtbündel eines zu diesem orthogonalen Polarisationszustandes aufweisen.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisationseinrichtung als reflektierende Umlenkeinrichtung für das Lichtbündel ausgebildet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisationseinrichtung (1; 87, 88, 89) für Licht im Lichtbündel (20; 60) durchlässig und für eine Transmission im Strahlengang des Lichtbündels (20; 60) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisationseinrichtung (1) auf mindestens einer ihrer Oberflächen, durch die das Lichtbündel (20; 60) hindurchgeht bzw. von der es reflektiert wird, eine polarisierende Struktur mit in Form einer Matrix angeordneten Bereichen (2, 4, 6) aufweist, die abhängig vom Ort des Durchgangs bzw. der Reflexion der Teillichtbündel unterschiedliche Phasenverschiebungen für Polarisationskomponenten im Teillichtbündel erzeugen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8 für Lichtbündel mit einer Vielzahl von Wellenlängen, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur auf der Polarisationseinrichtung für jede Wellenlänge Bereiche (4, 6) zum Beaufschlagen eines Teillichtbündels mit einem Polarisationszustand hat, der zum Polarisationszustand anderer Teillichtbündel orthogonal ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß Bereiche (4, 6) zum Erzeugen gleicher Polarisationszustände der Polarisationseinrichtung örtlich gemäß einem statistischen Mu-

ster verteilt sind.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisationseinrichtung (1) aus doppelbrechendem Material besteht und Bereiche zum Beaufschlagen unterschiedlicher Teillichtbündel mit verschiedenen Polarisationszuständen durch unterschiedliche Dicken des Materials verwirklicht sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisationseinrichtung (1) durch Ionenstrahlätzen strukturiert ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß zur Polarisierung eines Teillichtbündels in der Polarisationseinrichtung (1) Bereiche (4, 6) zum Erzeugen des jeweiligen Polarisationszustandes vorgesehen sind, die sich jeweils in jeder Richtung senkrecht zum Strahlenverlauf des Teillichtbündels zwischen einer Wellenlänge und dem Zwanzigfachen der Wellenlänge des Lichtbündels (20; 60) erstrecken.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine an die Polarisationseinrichtung (1) gekoppelte Bewegungsvorrichtung (66) zur Bewegung senkrecht zum Lichtbündel (60) vorgesehen ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisationseinrichtung (87, 88, 89) ein aktives Bauelement ist, das zur Erzeugung der verschiedenen Polarisationszuständen elektrooptische oder magnetooptische Effekte nutzt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 3 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß zum Erzielen verschiedener Polarisationszustände für Teillichtbündel an einer strukturierten Polarisationseinrichtung (1; 87, 88, 89) LCD-Matrizen angeordnet sind oder die Polarisationseinrichtung (87, 88, 89) elektrooptische oder magnetooptische Kristalle, wie DKDP, LiNbO₃, optische Keramiken oder Flüssigkristalle enthält, und daß die Einstellung der Polarisationszustände verschiedener Teillichtbündel durch eine elektrische oder magnetische Anregung durchführbar ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 16, gekennzeichnet durch ein das von der Polarisationseinrichtung (1) ausgehende Lichtbündel (60) erfassendes optisches System (70; 90, 92, 94).

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung eines Videobildes eine Rastereinrichtung (62) zum bild- und zeilenmäßigen Rastern eines mit einem Videosignal modulierten Lichtbündels (60) auf einem Bildschirm (64) vorgesehen ist und die Polarisationseinrichtung (1; 87, 88, 89) im Strahlengang des Lichtbündels (60) und bei Vorsehen eines optischen Systems (70; 72) vor diesem angeordnet ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß sie mehrere Einzellichtbündel unterschiedlicher Wellenlängen und eine Vereinigungseinrichtung (32, 42, 52; 74, 82, 84, 86) zur Erzeugung des Lichtbündels (60) aus diesen enthält und daß für jede Wellenlänge eine Polarisationseinrichtung (87, 88, 89) zur Änderung der Polarisationszustände verschiedener Teillichtbündel im Strahlengang jedes Einzellichtbündels vor der Vereinigungseinrichtung (82, 84, 86) vorgesehen ist.

20. Anwendung des Verfahrens oder der Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche

bei einem Videosystem.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

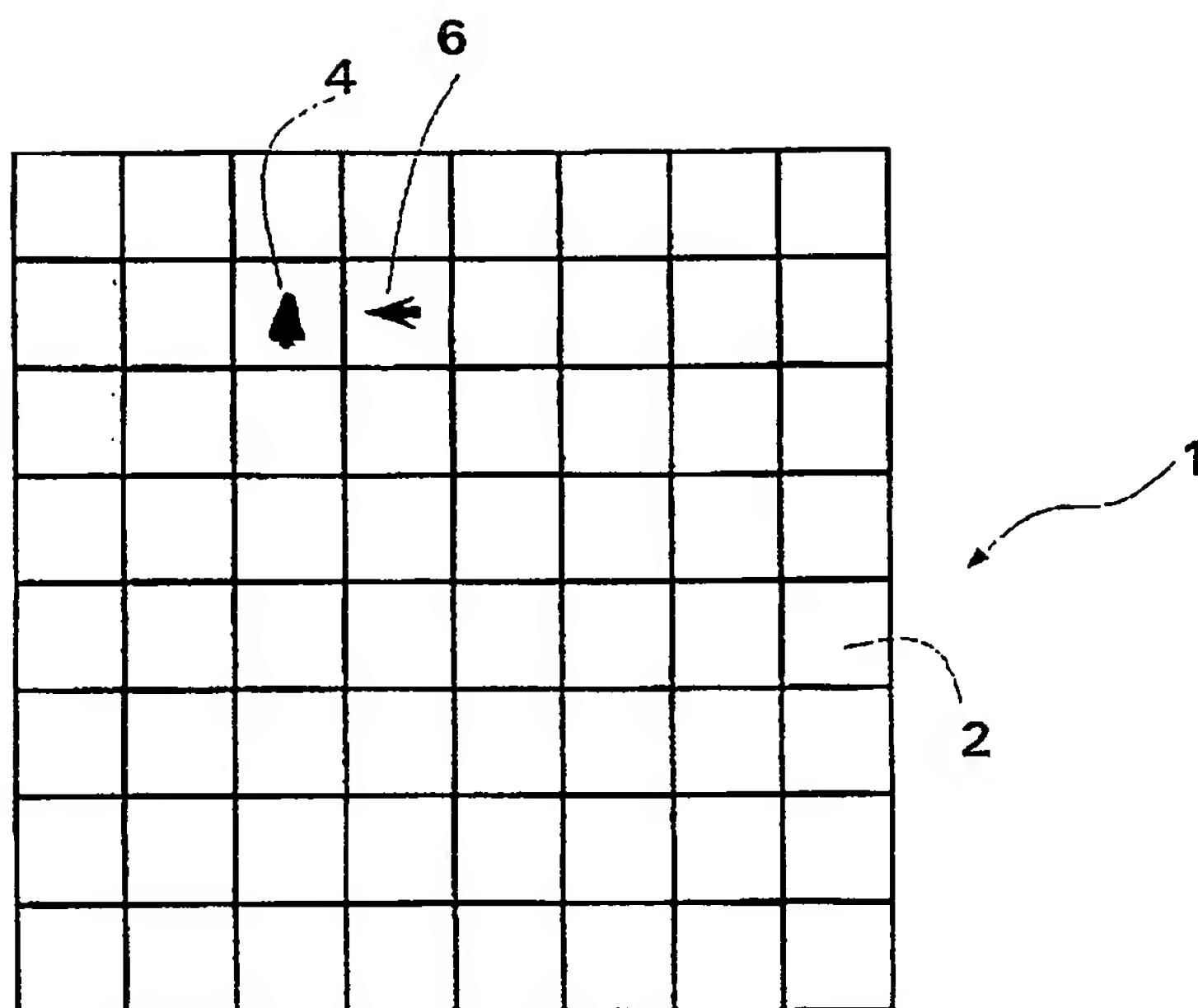


Fig. 1

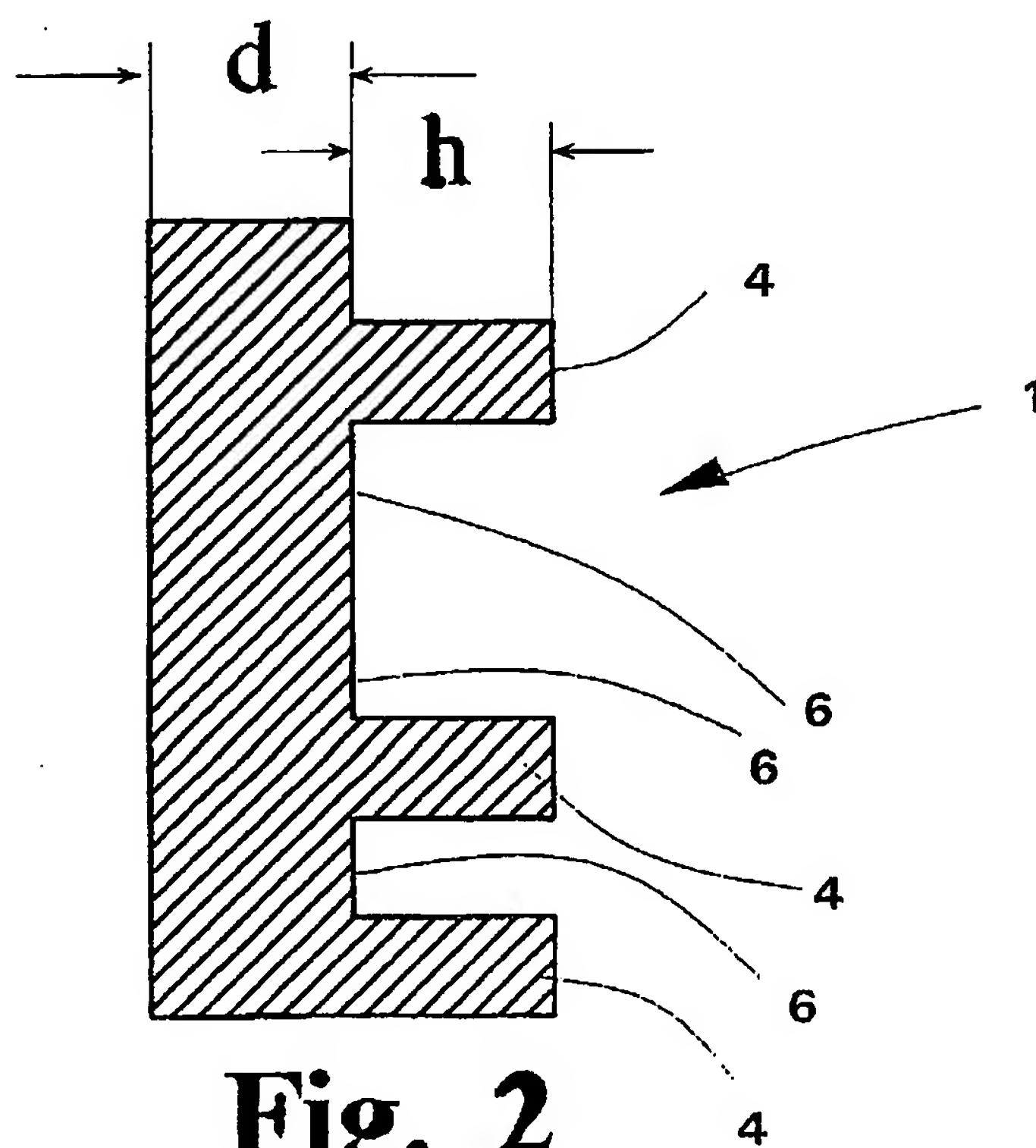


Fig. 2

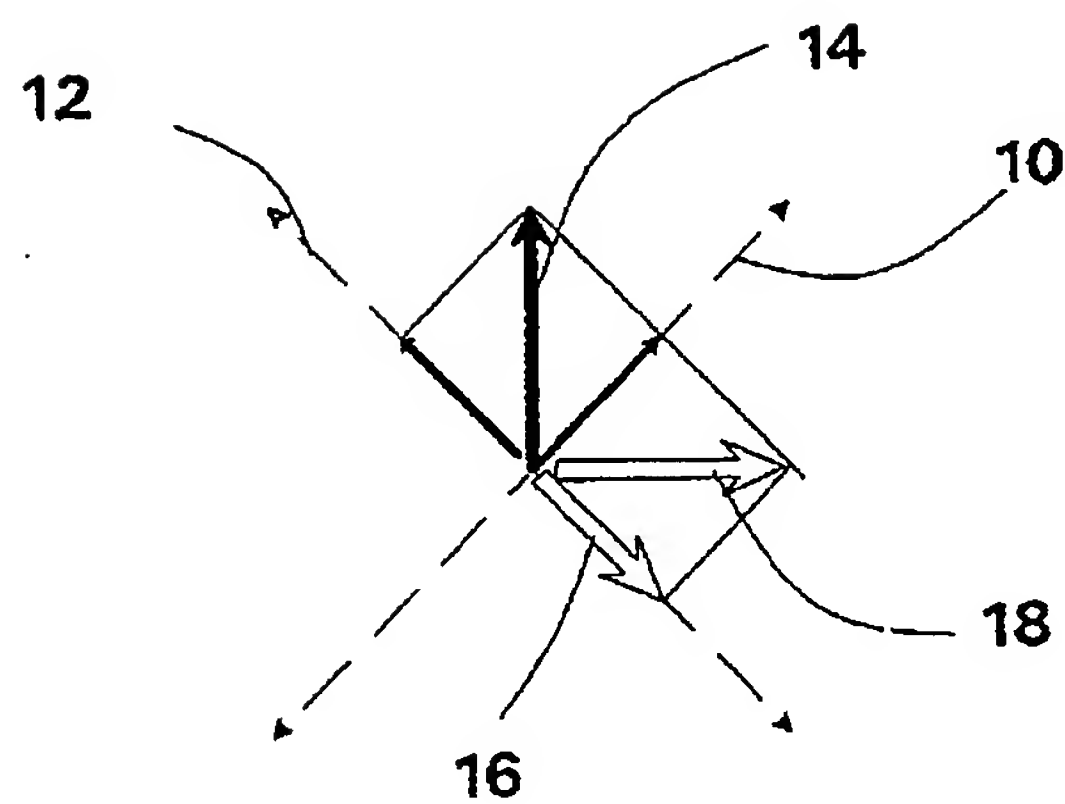


Fig. 3

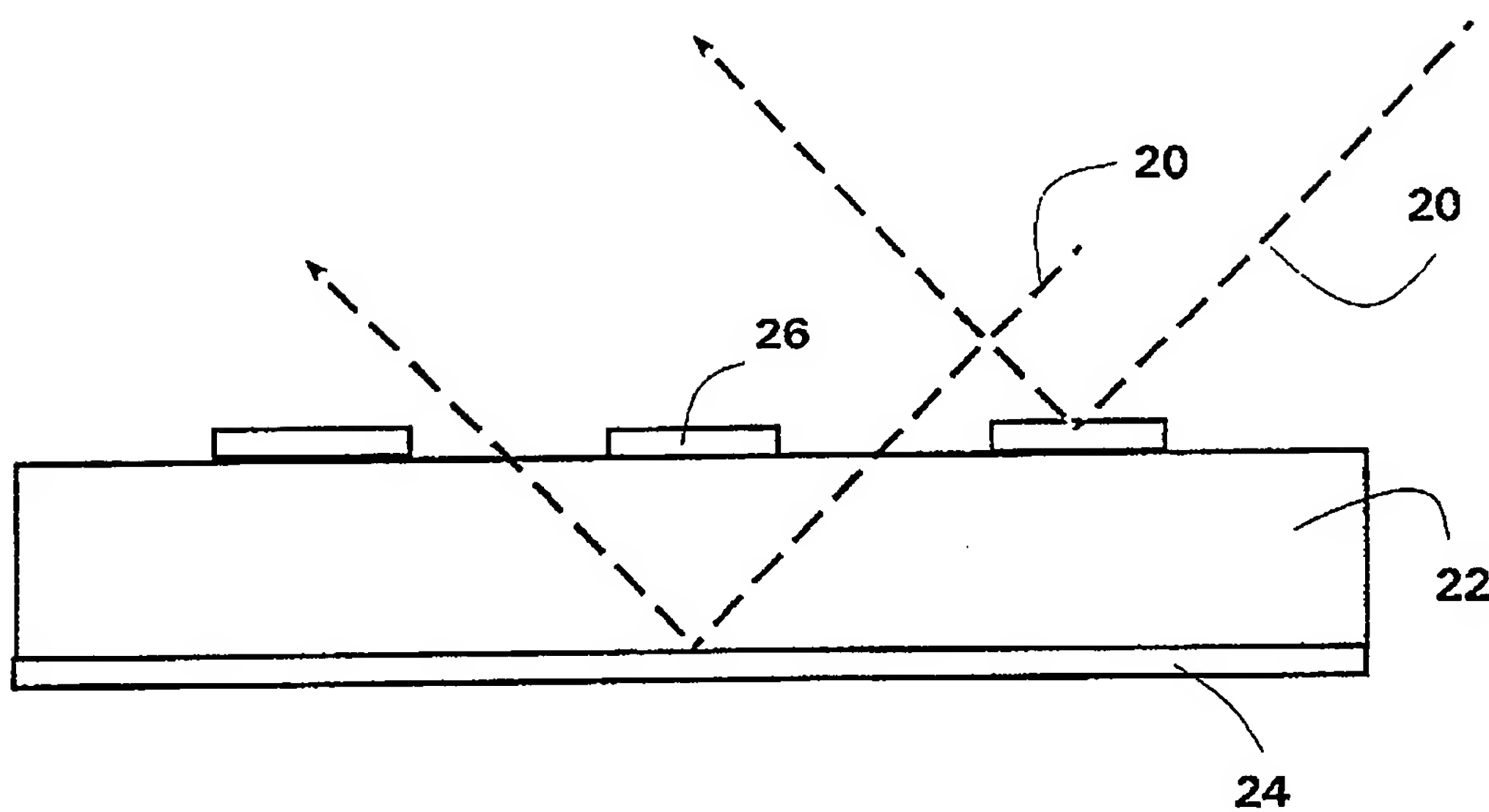


Fig. 4

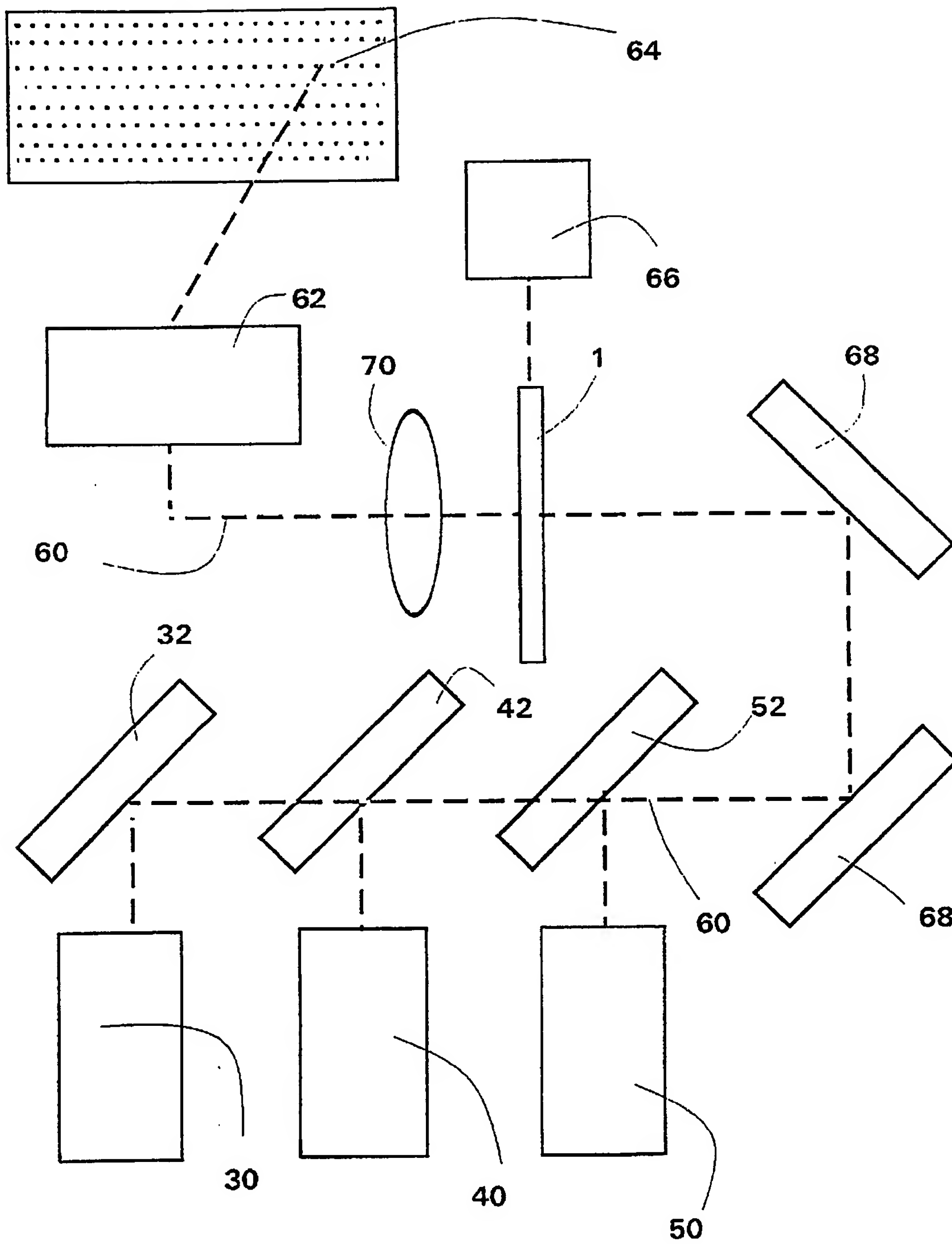


Fig. 5

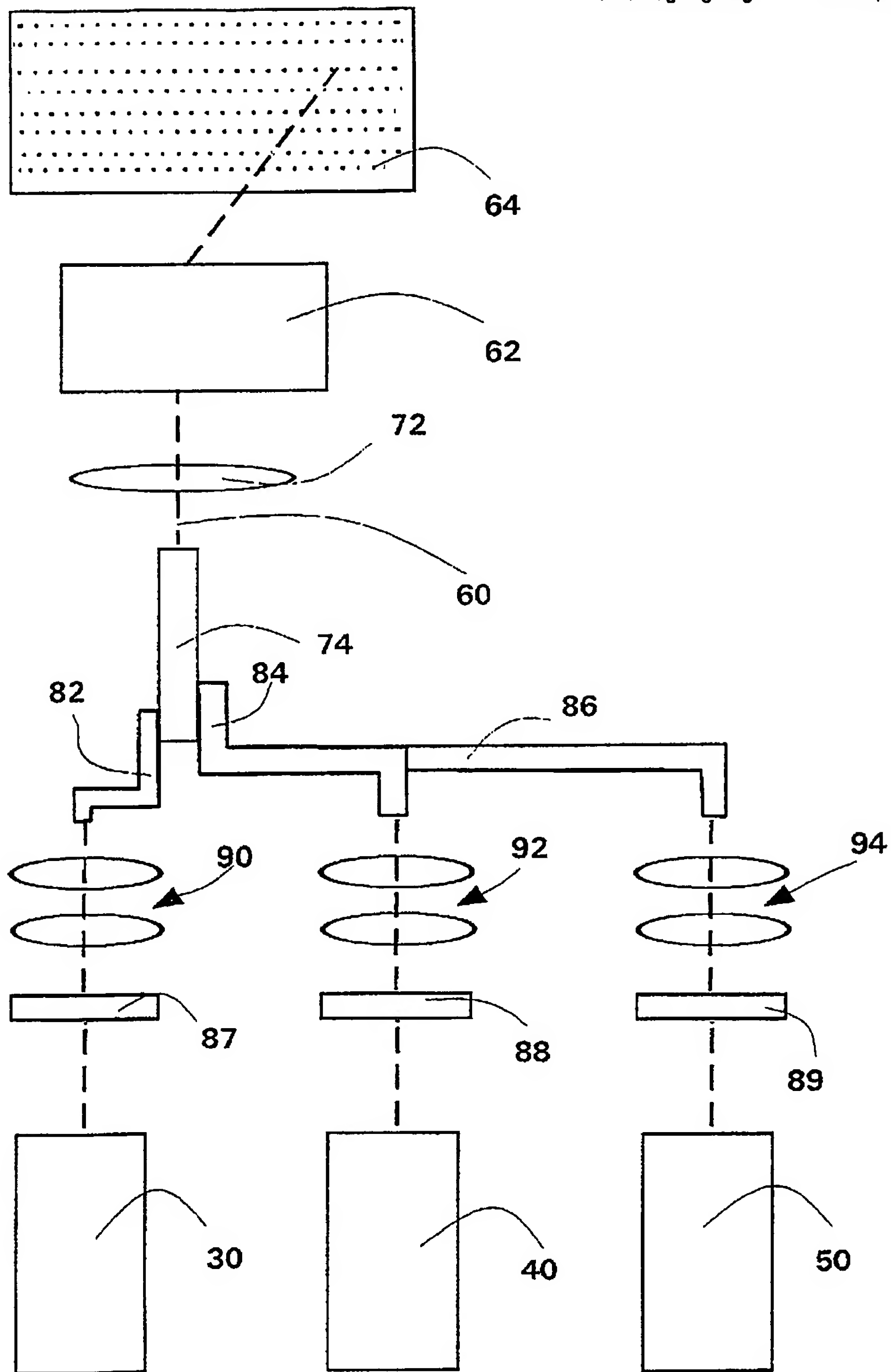


Fig. 6